



III-191 - AVALIAÇÃO DO GRAU DE MATURAÇÃO DE LEIRAS DE COMPOSTAGEM

Sofia Regina Lopes

Técnica Química – CEFET- MG, Geógrafa – PUC-Minas, Especialista em Tecnologia Ambiental – UFMG, Técnica em Laboratório da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte

Cícero Antônio Antunes Catapreta⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG).

Karla Garcia Tavares

Bióloga da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte. Especialista em Meio Ambiente (UFMG). Coordenadora do Programa de Compostagem da SLU.

Endereço⁽¹⁾: Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU/BH. Departamento de Tratamento e Disposição Final de Resíduos. Rodovia BR 040 – Km 531 – Jardim Filadélfia - Belo Horizonte – MG. Brasil - Tel: (31) 3277-9808 – e-mail: catapret@pbh.gov.br

RESUMO

O presente trabalho é um resultado de um estudo que foi desenvolvido visando avaliar o processo de biodegradação aeróbia de resíduos orgânicos por meio do processo de compostagem, na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos BR 040, em Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. Para realização desse estudo, foram montadas e monitoradas, durante um período de 120 dias aproximadamente, dez leiras de composto orgânico. O sistema empregado foi o *Windrow* e os resíduos compostados foram obtidos a partir da coleta seletiva de orgânicos que é realizada em Belo Horizonte. Foram monitorados os parâmetros: temperatura, umidade, sólidos voláteis, pH, nitrogênio e relação C/N. Os resultados indicaram a estabilização do material após 120 dias, sendo que o único parâmetro que apresentou maior variação foi a temperatura, que mesmo as análises físico-químicas tendo indicado sua estabilização, se manteve elevada após o período monitorado.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Lixo, Resíduo Orgânico, Reciclagem, Compostagem.

INTRODUÇÃO

No Brasil, verifica-se a ausência de políticas consolidadas que possam favorecer ou incentivar o reaproveitamento e reciclagem de materiais considerados resíduos. Essa preocupação com geração de resíduos sólidos e a tentativa de diminuição do desperdício, somados à capacidade de produção de renda, produziram políticas de reciclagem e coleta de resíduos sólidos. Existem relatos de diversas experiências, porém são ações isoladas e não fazem parte de uma política abrangente, nacional e governamental.

Devido a essa carência, nota-se que a maior parte dos resíduos não é reciclado, e sim destinado para aterros sanitários, ou simplesmente disposto a céu aberto e lançado nas margens dos córregos e rios, gerando subprodutos que acumulam no meio ambiente ou são queimados precariamente.

Considerando que os resíduos sólidos urbanos, notadamente os domésticos, gerados pela população brasileira é composto na maioria por resíduos orgânicos, com valores médios acima de 60 % (IPT / CEMPRE, 2000), tem-se que a reciclagem dessa parcela dos resíduos torna-se importante. Isso porque, como mencionados anteriormente, quando dispostos em aterros sanitários, controlados ou lixões, passam a configurar um risco em potencial à saúde humana e ao meio ambiente, podendo contribuir para a formação de líquidos (chorume) altamente poluidores.

Dessa maneira, a sua reciclagem configura como elemento importante dentro do contexto do manejo de resíduos sólidos urbanos. Destaca-se a reciclagem via compostagem, que é uma das maneiras de se reaproveitar esses resíduos orgânicos, além de se constituir em um processo simples de ser realizado e monitorado.



Esse processo tem sido amplamente utilizado para a reciclagem de resíduos orgânicos e para a produção de composto, ou adubo orgânico, que geralmente é rico em nutrientes e quando incorporado ao solo, contribui na sua recuperação e enriquecimento.

A compostagem de resíduos orgânicos gerados diariamente pelas populações continua apresentando-se como a técnica viável, do ponto de vista técnico e econômico, para reciclagem dessa parcela dos resíduos sólidos urbanos. Diversos estudos já foram realizados no sentido de caracterizar os parâmetros e comportamento que influenciam o processo de compostagem de resíduos orgânicos. Entretanto, nos últimos anos tem-se observado uma redução na realização de estudos que visem caracterizar e apresentar resultados práticos de sistemas de compostagem operando em escala real e contínua.

Assim, considerando o exposto e baseado nos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos no Programa de Compostagem da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU/BH, este trabalho teve como objetivo avaliar, por meio de análises físico-químicas, o grau de bioestabilização de dez leiras de composto orgânico dispostos em pátio de compostagem a céu aberto.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi desenvolvido junto ao Programa de Compostagem desenvolvido pela Superintendência de Limpeza Urbana – SLU, em Belo Horizonte, descrito a seguir, e abrangeu 10 leiras de composto orgânico montadas segundo critérios e matéria prima utilizados nesse Programa.

COMPOSTAGEM EM BELO HORIZONTE

A compostagem é realizada na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos BR 040 – CTRRS BR 040, a qual é operada pela Superintendência de Limpeza Urbana – SLU. O processo de compostagem desenvolvido pela SLU iniciou-se em Julho de 1975, por meio da implantação de uma Usina de Reciclagem e Compostagem (Sistema Dano) composta de um pátio de descarga, esteira de triagem e dois bioestabilizadores operando em paralelo, além do pátio de compostagem que, apesar de não fazer parte da Usina propriamente dita, integrava o sistema de compostagem empregado. A capacidade nominal de processamento era de 150 t/d.

Nas esteiras era realizada a triagem dos resíduos sólidos urbanos, sendo separados plásticos, metais, vidros e papéis, os quais eram posteriormente comercializados. O restante do material era direcionado aos bioestabilizadores para, teoricamente, acelerarem o início do processo de compostagem. Após esta etapa, o material era peneirado e direcionado ao pátio de compostagem para finalização do processo de compostagem.

Em 1995 a SLU optou por desativar a Usina de Reciclagem e Compostagem e implantar um sistema de compostagem mais simples, tendo como princípio, segundo CERQUEIRA (1995), a forma de minimizar o custo operacional. Foi proposta então, a adoção de um sistema de manejo diferenciado para os diversos tipos de resíduos produzidos em Belo Horizonte, privilegiando o reaproveitamento e / ou reciclagem dos materiais (papéis, papelão, entulho e resíduos orgânicos, este, apresentando um percentual de 60%).

O modelo de compostagem adotado preconizava a coleta diferenciada de resíduos orgânicos em grandes geradores, agregando resíduos da poda de árvores que é realizada na cidade. Atualmente a Unidade de Compostagem possui espaço suficiente para processar 20 t/d de resíduos fresco e composto em maturação, sendo que sua capacidade operacional, entretanto, está limitada a 10 t/d em função da estrutura disponível (equipamentos e mão de obra). Todo o processo se dá no pátio de compostagem totalmente pavimentado, cuja área é de aproximadamente 10.000 m², sendo que cerca de 1.000 m² são de área coberta. Nesse pátio, as leiras ficam dispostas em pilhas no formato prismático de dimensões predefinidas conforme descrito anteriormente (Figuras 1 e 2).



Figura 1 – Leira de composto orgânico



Figura 2 - Vista geral do pátio de compostagem

MATÉRIA PRIMA EMPREGADA NA COMPOSTAGEM

Os resíduos compostados foram os resíduos orgânicos coletados seletivamente, os quais foram misturados a galhos de árvores triturados. A quantidade da mistura – resíduo orgânico e poda triturada – encaminhada para a compostagem é de aproximadamente de 4,2 t/d de orgânico e 2,8 t/d, considerando uma proporção de 60 % de orgânico e 40% de poda. A formação de uma leira se deu ao longo de uma semana, seguindo a logística de coleta da SLU.

MONTAGEM E IDENTIFICAÇÃO DAS LEIRAS

Os resíduos orgânicos e a poda triturada foram misturados na proporção descrita no item anterior, no período de 7 dias, formando então as leiras a serem compostadas (10 leiras). O formato geométrico adotado foi o prismático, com seção reta triangular, com altura variando entre 1,5 e 1,8 metros e base entre 3,5 e 4,0 metros. A inclinação das faces laterais foi aproximadamente 60° em relação à vertical. O método de compostagem empregado neste trabalho foi o *Windrow*. (Tabela 1).

Tabela 1 - Identificação e data de montagem das leiras

Leira Nº	Data montagem da Leira	Leira Nº	Data montagem da Leira
32	06/08/07	37	10/09/07
33	13/08/07	38	17/09/07
34	20/08/07	39	24/09/07
35	27/08/07	40	01/10/07
36	03/09/07	41	08/10/07

MONITORAMENTO

As leiras foram monitoradas durante um período de aproximadamente 120 dias, sendo realizado acompanhamento semanal dos reviramentos (aeração), medição diária de temperatura (em três pontos: na base, meio e no topo) e coleta mensal de amostras para realização de análises físico-químicas. Aspectos físicos do material disposto no pátio, também foram observados, como: o excesso de chorume e odores, presença de vetores, cor e temperatura.

As análises físico-químicas tiveram como objetivo subsidiar a avaliação da maturação do composto orgânico. Mensalmente foram coletadas amostras do material de cada leira para realização de análises físico-químicas (pH, umidade, sólidos voláteis, nitrogênio total e relação carbono/nitrogênio - C/N).

No intuito de verificar se as condições climáticas na região da CTRS BR 040 influenciavam o comportamento das leiras e dos parâmetros avaliados, foram obtidos dados diários de pluviometria, coletados em pluviógrafo e pluviômetro instalados na área da CTRS BR 040.

Os resultados foram comparados com a legislação brasileira para produção de composto orgânico. Foram realizadas comparações com a Portaria no 1 de março de 1983, até então também utilizada pela SLU, e com a



Instrução normativa nº 5 de julho de 2006, que a SLU passou a adotar a partir de julho de 2008. Ambas as legislações são do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2006, 1983)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse Item são apresentados e discutidos os principais resultados observados. Os resultados são discutidos individualmente para cada parâmetro: umidade, sólidos voláteis, relação C/N e pH.

DADOS CLIMATOLÓGICOS

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os dados pluviométricos diários e mensais, respectivamente, no período compreendido entre agosto de 2007 e fevereiro de 2008, período de realização desse trabalho.

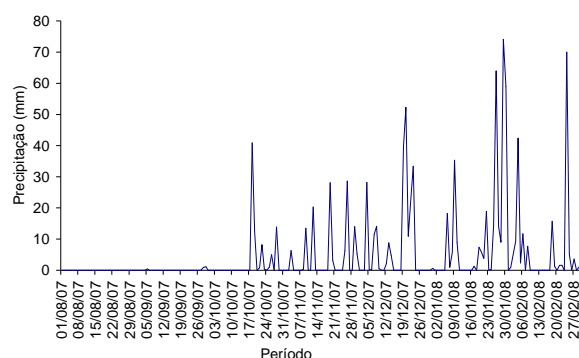


Figura 3 - Precipitação diária (mm), no período de agosto / 2007 a fevereiro / 2008

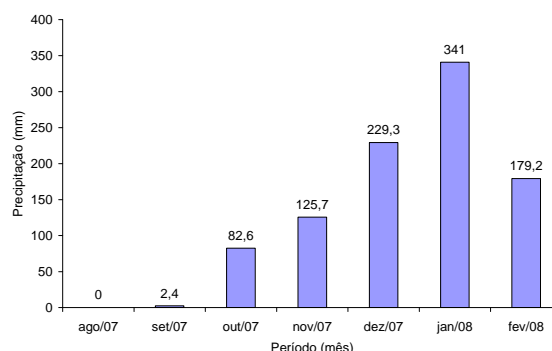


Figura 4 - Precipitação mensal (mm), no período de agosto / 2007 a fevereiro / 2008

NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO C/N

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise de nitrogênio total e da relação C/N. Esses parâmetros foram analisados no início (coleta com 7 dias) e no final (coleta com 120 dias) do processo de compostagem. Todas as leiras em estudo apresentaram comportamento conforme literatura e legislação brasileira, ou seja, teor de nitrogênio acima de 1 %. As primeiras leiras (32 a 36), inicialmente tiveram resultado médio de 2,1% e no final, 2,48%; as demais leiras, com resultado inicial de 1,72 % e no final do processo, 2,61 %.

Os teores de nitrogênio se comportaram conforme o esperado houve um aumento ao longo do processo, como indica a Tabela 4. No final de 120 dias atingiram valores próximos a 3,0 %, valor maior que o mínimo recomendado para o composto.

Segundo TIBAU (1984), quanto mais elevado o teor de nitrogênio, mais estreito é a relação C/N e maiores são as disponibilidades dos nitrogenados para a flora microbiana, maior a sua proliferação e mais intensa as suas atividades. Para as leiras 040 e 041, observou-se valores do nitrogênio total em torno de 2,96 % e 2,86 % e relação C/N de 17,48 e 18,34, no período de 120 dias e temperaturas mais altas durante o processo de compostagem.

È um índice que indica se a matéria orgânica está na forma crua, bioestabilizada (semicurada) ou humificada (curada). O limite para garantia da qualidade do composto orgânico segundo a legislação brasileira é de 18/1, outros autores adotam o limite de 18/1 e 20/1. Quando no processo de compostagem a relação for abaixando e alcançar o valor de 18/1 e 20/1, diz-se que o composto está bioestabilizado ou semicurado; quando a relação C/N for inferior a 12/1 ou igual a 10/1, o composto está humificado ou curado. Segundo KIEHL (1985), os microrganismos absorvem carbono e o nitrogênio numa proporção de 30 partes do primeiro para uma parte do segundo (C/N= 30/1), sendo essa a proporção ideal nos resíduos. Entretanto, os limites de 26/1 a 35/1 são as relações mais recomendadas no início do processo, para se ter uma compostagem rápida e eficiente.

Relação C/N baixa pode causar a perda de nitrogênio na forma amoniacal durante o processo de compostagem, a solução é adicionar vegetal celulósico, elevando o valor até 30/1. Este caso foi observado nas



leiras 034 e 035, onde a relação C/N inicial foi de 20,06 e 22,06 respectivamente, não houve entretanto, correção; mas no resultado final, o parâmetro ficou dentro do limite recomendado. Quando ocorre o contrário, a matéria prima possui relação C/N alta, o processo é mais demorado, corrige a distorção acrescentando materiais ricos em nitrogênio. Pode-se afirmar que este fato tenha acontecido na leira 038, que no início a relação C/N foi de 38,23, com redução no final do processo de compostagem para 24,09 .

Em média, a relação C/N da matéria prima a ser compostada, conforme o proposto, as primeiras leiras (32 a 36) se apresentou próxima a 25,9 % no início do processo (7 dias) e 20,67 % no final do processo (120 dias), com redução de 20,19 %. Já as demais leiras, a média foi de 31,56 no início (7 dias) e 19,95 % no final do processo; redução de 36,79 %.

Com base nos resultados, nove leiras apresentaram valores próximos à 18:1, após o período de maturação (120 dias), conforme recomendado; podendo se for necessário, ser utilizado na agricultura. Admitiu-se que os valores finais da pesquisa são bons indicadores da bioestabilização dos resíduos. De acordo com a literatura, cinco leiras ficaram na condição de bioestabilizadas.

UMIDADE

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de umidade observados para as leiras de composto orgânico estudadas. A legislação brasileira descreve que o limite para a qualidade final do composto orgânico é de 40%.

Os resultados observados sugerem uma influência do regime de chuvas no comportamento da umidade das leiras de composto orgânico estudadas. Observa-se ainda que o período de chuva compreendido entre os meses de outubro e janeiro, a umidade das leiras em estudo manteve-se acima de 50 %, principalmente as leiras montadas dentro deste intervalo (37, 38, 39, 40, 41). De acordo com resultados obtidos, as leiras em estudo apresentaram teores pouco acima do esperado.

No período chuvoso, pôde ser observado o encharcamento das leiras e a maior produção de chorume. A compactação e o encharcamento expulsam o ar dos vazios existentes nas leiras e o processo passa a ser anaeróbio; o material a ser mineralizado entra em putrefação com desprendimento de odores fortes. Fato observado nas leiras 40 (69,97 %) e 41 (74,87 %), as quais todo processo se deu neste período. Notou-se que a leira 37 apresentou umidade inicial acima de 60 %, que pode estar relacionada com a montagem da leira e a ocorrência de chuvas à época. O valor observado foi de 71,19 %. No mês de outubro de 2007 (18/10/2007) o índice pluviométrico foi elevado (40,9 mm), e no dia seguinte procedeu-se à coleta da leira 34, de acordo com cronograma, o resultado da análise também foi de alto teor de umidade (68,94 %), o que comprova a absorção e retenção de água no material compostado.

Algumas leiras que se apresentavam secas, cuja verificação foi realizada após análise laboratorial (por exemplo: leira 37 - 47,54 % - e leira 38 - 38,82 %), foram umidificadas. De acordo com literatura, nas leiras mais secas, observou-se a presença maior de fungos filamentosos e actinomicetes, que são menos exigentes em umidade do meio.



Tabela 2 - Resultados de nitrogênio total (%) e da relação C/N (%)

Leira	Nitrogênio Total	Relação C/N
32	1,8	29/1
	2,1	24/1
33	2,0	26/1
	2,2	23/1
34	2,6	20/1
	2,48	20/1
35	2,4	22/1
	2,8	18/1
36	1,7	31/1
	2,8	18/1
37	2,0	27/1
	2,7	19/1
38	1,4	38/1
	2,1	24/1
39	1,9	28/1
	2,42	21/1
40	1,7	32/1
	2,96	17/1
41	1,6	33/1
	2,86	18/1

Tabela 3 - Resultados de umidade (%)

Idade (dias)	Leiras									
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
7	63,79	62,15	60,04	58,44	59,69	71,19	63,55	63,71	66,05	60,65
30	54,57	56,86	52,09	56,90	58,25	61,41	49,70	63,36	56,76	50,94
60	58,66	64,11	68,94	60,98	59,24	47,54	38,82	51,17	49,47	51,44
90	63,35	58,61	58,34	55,07	55,87	60,10	54,12	62,05	58,22	57,21
120	64,28	63,04	61,15	55,34	64,29	61,60	58,29	61,19	69,97	74,87

SÓLIDOS VOLÁTEIS

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos sólidos voláteis para as leiras de composto orgânico estudadas. No início do processo de compostagem os teores de sólidos voláteis ficaram próximos a 96 %. Ao longo dos 120 dias, período de maturação houve uma pequena redução, com o valor mais baixo na faixa de 89 %. Cabe ressaltar que as leiras com os maiores valores de redução foram: 34 (5,4 %), 35 (5,4 %), 37 (5,08 %) e 38 (5,01 %).

A leira 41 apresentou a menor redução, em torno de 1,42% ao longo de 120 dias. A mesma foi formada em período chuvoso, e durante todo o processo absorveu muita água, resultando em encharcamento. Recebeu mais reviramentos, objetivando diminuir a umidade e perda de nutrientes através do chorume. No final do processo de compostagem (120 dias), a umidade ficou em torno de 74,87 %, valor elevado decorrente do período chuvoso, não condizente com a literatura.

O resultado de análise de umidade da leira 37, no início do processo de compostagem (7 dias), apresentou o teor de 71,19 % e diferentemente da leira 41 (final do processo 120 dias) seu resultado de sólidos voláteis ficou na faixa de 96,29 %, mas ao final, seu valor fixou-se na faixa de 91,39 %, e diante dos valores das outras leiras, apresentou boa redução. Analisando os resultados pode-se observar que neste experimento: quanto mais úmido o material compostado mais alto foi o teor de sólidos voláteis.

Seguindo esta linha de raciocínio, durante a pesquisa, verificou-se que uma perda elevada da umidade nas leiras 37 (47,54 %) e 38 (38,82 %), após cerca de 60 dias de maturação, coincidiu com uma diminuição nos



teores de sólidos voláteis: 37 (89,83 % SV) e 38 (88,64 % SV). Está implícito que existe uma relação direta entre a umidade e o teor de sólidos voláteis. De acordo com os resultados obtidos, pode-se dizer, que: quanto mais seco o material a ser compostado menor o teor de sólidos voláteis.

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

Na Tabela 5 são apresentados os resultados das análises de pH realizadas para as amostras de composto orgânico. O pH (potencial hidrogeniônico) é um importante parâmetro de acompanhamento do processo de compostagem, indicando a evolução da degradação microbiológica da matéria orgânica e o desempenho do processo.

O comportamento apresentado pelas leiras foi de acordo como descrito em literatura. No início da decomposição todos os resultados obtidos são de reações ácidas, caracterizando a formação de ácidos orgânicos, que tornam o meio mais ácido que o material de origem. Concordante com o projeto proposto, as 5 primeiras leiras, apresentaram pH inicial, (7 dias), mais ácido em relação às outras 5 leiras restantes.

As reações subseqüentes liberadas durante o processo, geraram compostos alcalinos, como indicam os resultados. O nitrogênio orgânico presente na mistura, influencia o pH, ao transformar-se em nitrogênio amoniacal, elevando o pH da massa. O nitrogênio amoniacal é degradado pelas bactérias específicas a nitrato. Considerando os padrões da legislação brasileira (pH mínimo de 6,0), para uso na agricultura, e de acordo com resultados encontrados no estudo, as leiras, no estágio final, apresentaram leituras acima do pH 8,1.

Com idade de 60 dias, concordante com os gráficos, as leiras estavam estabilizadas, o pH tendendo à neutralidade. Sugere-nos que o processo neste período foi muito rápido, mas demonstra a mudança de fase e desenvolvimento da decomposição. Com 90 dias as mesmas, resultam em leituras acima de pH 7,3, tendendo para a alcalinidade acima do pH 8.

Foi um comportamento característico para a compostagem de resíduos orgânicos, como indicou os gráficos; mostram-se ácidas no início do processo, passando pelo pH neutro, atingindo o pH básico.

Tabela 4 - Resultados de sólidos voláteis (%)

Idade (dias)	Leiras									
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
7	95,52	95,15	94,82	95,29	95,66	96,29	96,33	95,86	96,41	95,79
30	93,69	93,80	93,18	93,84	93,70	95,39	94,08	95,33	94,12	92,94
60	91,57	93,35	94,62	92,78	92,51	89,83	88,64	91,20	91,43	91,58
90	92,10	90,95	90,43	90,88	90,63	91,59	91,40	92,76	92,31	91,79
120	91,27	90,95	89,70	90,11	92,05	91,39	91,05	91,63	93,16	94,43

Tabela 5 - Resultados de pH

Idade (dias)	Leiras									
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
7	3,9	4,1	4,0	4,3	4,7	4,7	4,7	4,5	4,9	5,4
30	6,6	6,6	6,6	6,9	6,8	6,7	5,9	7,5	6,9	6,4
60	7,3	7,7	7,6	57,5	7,4	6,9	6,6	7,7	8,1	7,9
90	7,5	8,1	7,8	8,2	7,5	7,3	7,4	8,0	8,3	8,0
120	8,6	8,4	8,4	8,3	8,4	8,4	8,1	8,4	8,4	8,3

CONCLUSÕES

A seguir são apresentadas as principais conclusões e recomendações:

- O processo de compostagem estudado ocorreu de acordo com a literatura, sendo observado os dois estágios: termofílico e mesofílico;
- As leiras pesquisadas, como descrito na literatura, ficaram bioestabilizadas, ou semi curadas ao longo de 120 dias, conforme descrito na literatura;



- A temperatura alta mantida por longo prazo associado a pH superior a 8 e com relação C/N inferior a 30%, ocasiona perdas consideráveis de nitrogênio, percebido nos fortes odores no reviramento;
- Apesar de a temperatura ter-se situado próxima a 50 °C, as condições apresentadas foram de boa granulometria, bom odor de terra mofada, coloração negra, umidade final dentro dos limites e pH alcalino;
- Recomenda-se a cobertura das leiras com lonas plásticas nos períodos chuvosos, evitando assim o carreamento de nutrientes e excesso de umidade das leiras e a formação de chorume.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 5 de julho de 2006.
2. Brasil. Ministério da Agricultura. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. Portaria no 1 de março de 1983: análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais. Brasília, 1983. 104p.
3. Cerqueira, B. N; Pereira Neto, J. T. Implantação de sistemas descentralizados de compostagem em Belo Horizonte. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995, Salvador, BA. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1995.
4. Kiehl, E. J. Fertilizantes Orgânicos. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1985, 492p.
5. Kiehl, E. J. Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto. Piracicaba, 1998
6. Tibau, A. O. Matéria orgânica e fertilidade do Solo. 3ª ed. Piracicaba, São Paulo. SP, 1984. 220p.